

# **PROGETTAZIONE OTTIMIZZATA DI FILTRI *EMI* AD ELEVATA *POWER DENSITY* PER CONVERTITORI ELETTRONICI DI POTENZA**

G. Ala<sup>1</sup>, M. C. Di Piazza<sup>2</sup>, C. Giaconia<sup>1</sup>, G. Giglia<sup>1</sup>, M. Luna<sup>2</sup>, G. Vitale<sup>2</sup>, P. Zanchetta<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Università degli Studi di Palermo – DEIM, viale delle Scienze - ed. 9, 90128 Palermo

<sup>2</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche - ISSIA, sez. di Palermo, via Dante 12, 90141 Palermo

<sup>3</sup>University of Nottingham – Department of Electrical and Electronic Engineering

In molti dei campi di impiego dei convertitori elettronici di potenza (aeronautico, aerospaziale, *automotive*, etc.) è richiesta la realizzazione di sistemi di conversione che, in relazione a stringenti vincoli di progetto, presentino, a parità di potenza, dimensioni sempre più compatte e pesi ridotti. In tale ottica, l'ottimizzazione della densità di potenza (*power density*) del convertitore diventa un obiettivo essenziale.

D'altra parte, se da un lato l'aumento della frequenza di commutazione raggiunta nei recenti sistemi elettronici di potenza consente di ottenere un incremento della *power density*, grazie alla possibilità di ridurre le dimensioni degli elementi passivi di accumulo dell'energia (induttori e condensatori), dall'altro, l'aumento della rapidità delle operazioni di "switching" determina un aumento delle emissioni elettromagnetiche (EMI, ElectroMagnetic Interference), in particolare di quelle condotte, con l'insorgere di problematiche relative sia all'affidabilità che alla compatibilità elettromagnetica dei sistemi di cui fa parte il convertitore. Di conseguenza, la soppressione delle EMI rappresenta uno dei principali problemi nella progettazione dei circuiti elettronici di potenza, in particolare quando devono essere soddisfatte normative rigorose relative ai massimi livelli di emissione.

I filtri EMI sono parte integrante dei convertitori di nuova generazione e possono contribuire fino al 30% alle dimensioni, al peso e all'ingombro del convertitore stesso. Per tale motivo, l'ottimizzazione delle dimensioni del filtro rappresenta un requisito di primaria importanza in fase di progettazione. La procedura convenzionale di progettazione dei filtri EMI è in genere onerosa, può richiedere numerosi tentativi e non garantisce la scelta ottimale dei componenti del filtro ai fini della massimizzazione della *power density*. Per superare tale limitazione è stata sviluppata un'applicazione software interattiva: ODEF (Optimized Design of EMI Filters). Un algoritmo guida il progetto ottimizzato del filtro EMI, con l'obiettivo di ottenere la massima densità di potenza, al variare dei componenti utilizzati e del numero di stadi del filtro per data configurazione. Inoltre, l'applicazione è dotata di un'interfaccia grafica che consente di analizzare e confrontare simultaneamente diversi progetti del filtro EMI. L'algoritmo di ottimizzazione può essere utilizzato come strumento di progettazione ma anche come strumento di indagine sulle prestazioni dei filtri EMI.

La procedura di progetto ottimizzato è riassunta in Fig. 1. Per validare la procedura proposta, è stato progettato un filtro *EMI* per un azionamento PWM con un motore a induzione trifase. Il sistema è costituito da: 1. un inverter PWM IGBT a generatore di tensione contenente un modulo STGIPS10K60A; 2. una scheda FPGA Altera Cyclone III, contenente una scheda di espansione Nial Stewart GPIB che implementa la modulazione PWM; 3. un motore a induzione a 48 V con potenza pari a 1,1 kW. Una LISN DC duale a 600 V è stata impiegata per il rilievo delle EMI condotte (Fig.2).

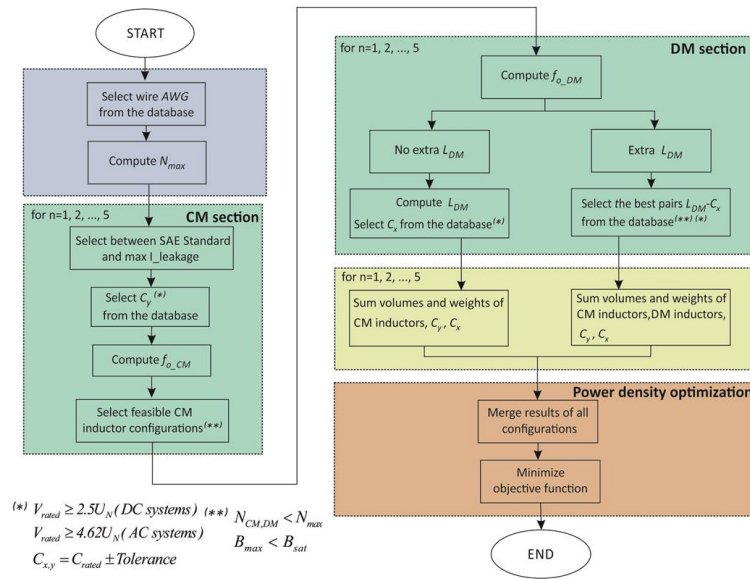


Fig. 1: Diagramma di flusso della procedura per il progetto ottimizzato dei filtri EMI.

Per valutare l'efficacia del metodo proposto, il filtro EMI ottimizzato è stato confrontato, in termini di dimensioni e prestazioni, con un filtro EMI progettato convenzionalmente. La Fig. 3 mostra una foto dei due filtri EMI in cui risulta evidente la maggiore compattezza del filtro EMI ottimizzato. In dettaglio, è stata ottenuta una riduzione del 51,43% del volume e una riduzione del 62,86% del peso. Contestualmente sono state verificate le prestazioni del filtro in termini di conformità alle norme sulle emissioni elettromagnetiche (Fig. 4).

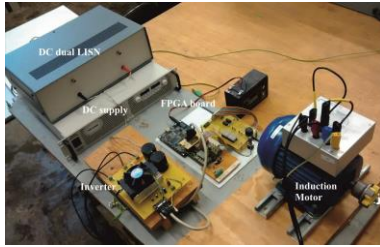


Fig. 2: Setup sperimentale.

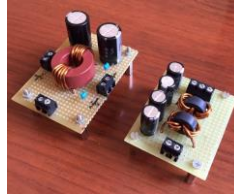


Fig. 3: Foto del filtro EMI progettato convenzionalmente (a sinistra) e del filtro EMI ottimizzato.

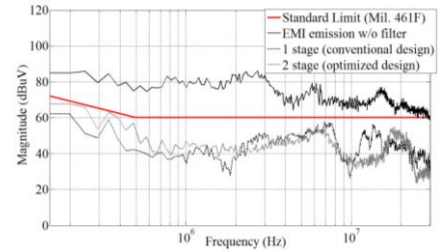


Fig. 4: Emissioni EMI.

## Bibliografia

- [1] G. Ala, M.C. Di Piazza, G.C. Giaconia, G. Giglia, G. Vitale, "Design and performance evaluation of a high power density EMI filter for PWM inverter-fed induction motor drives", 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC 2015), 10-13 June 2015, Rome, Italy.
- [2] G. Ala, M. C. Di Piazza, G. C. Giaconia, G. Giglia, G. Vitale, "Design and performance evaluation of a high power density EMI filter for PWM inverter-fed induction motor drives", IEEE Trans. Industry Applications, 2016, DOI: 10.1109/TIA.2016.2518129.
- [3] G. Ala, M. C. Di Piazza, G. C. Giaconia, G. Giglia, M. Luna, G. Vitale, P. Zanchetta, "Computer Aided Optimal Design of High Power Density EMI Filters", accepted for presentation at IEEE 16th International Conf. on Environment and Electrical Engineering (EEEIC 2016), 7-10 June 2016, Florence, Italy.
- [4] G. Ala, M. C. Di Piazza, G. C. Giaconia, G. Giglia, M. Luna, G. Vitale, P. Zanchetta, "ODEF: an Interactive Tool for Optimized Design of EMI Filters", submitted to 42nd Annual Conf. of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2016), 23-26 October 2016, Florence, Italy.